

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 2001-156357
 (43) Date of publication of application : 08.06.2001

(51) Int.Cl.

H01L 43/08
 G01R 33/09
 G11B 5/39
 G11C 11/15
 H01F 10/16
 H01L 43/12

(21) Application number : 2000-265663

(22) Date of filing : 01.09.2000

(71) Applicant : TOSHIBA CORP

(72) Inventor : SAITO YOSHIAKI
 NAKAJIMA KENTARO
 INOMATA KOICHIRO
 SUNAI MASAYUKI
 KISHI TATSUYA

(30) Priority

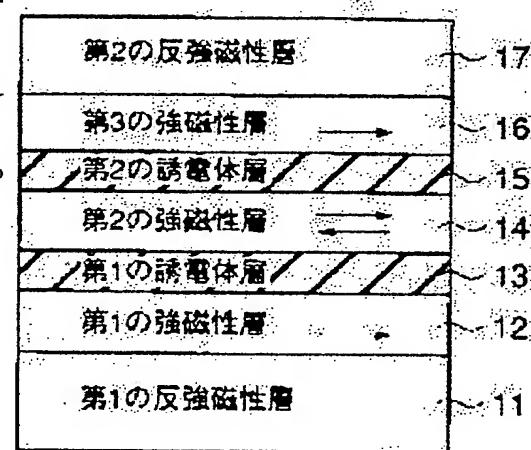
Priority number : 11262327 Priority date : 16.09.1999 Priority country : JP

(54) MAGNETO-RESISTANCE EFFECT ELEMENT AND MAGNETIC RECORDING ELEMENT

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magneto-resistance effect element wherein the increase of an applied voltage for a desired output voltage value causes less decrease in magneto-resistance change ratio, no writing rotates the magnetic moment of a part of the magnetization adhesion layer for gradual drop of an output, and an inversion magnetic field is designed at will.

SOLUTION: A magneto-resistance effect element having a ferromagnetic double tunnel joint is provided where first anti-ferromagnetic layer 11/first ferromagnetic layer 12/first dielectrics layer 13/second ferromagnetic layer 14/second dielectrics layer 15/third ferromagnetic layer 16/second anti-ferromagnetic layer 17 are laminated. Here, the second ferromagnetic layer 14 of a free layer comprises a Co base alloy or a 3-layer film comprising Co base alloy/Ni-Fe alloy/Co base alloy, with first or third ferromagnetic layer applied with a tunnel current.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

たが、一方で磁気翻訳装置 115 へ注入するスピノ電流をよ

ンをはねはねさせることができない。このようにすれば、磁気ディスクからの漏れの磁場に対して漏れ応答が得られ、どのようなヘッド構造でも適用できる。

[0073] [実施例] 以下、本発明の実施例について説明する。

実施例 1

Si_3N_4 基板または Si_3O_4 基板上に図1に示すような構造を有する2層の強磁性二重トンネル複合膜(試料Aおよび試料B)を作製した例を説明する。

[0074] 試料Aは、Ta下地層、Fe-Mn/Fe-Ni-Fの二重膜からなる第1の反強磁性層、Co/Feからなる第1の反強磁性層、Al₂O₃からなる第1の誘電層、Co/Co-Feからなる第2の誘電性層、Al₂O₃からなる第2の強磁性層、Co/Feからなる第3の強磁性層、Ni-Fe/Fe-Mnの二重膜からなる第2の反強磁性層、Ta保護層を順次積層した構造を有する。

[0075] 試料Bは、Ta下地層、Fe-Mn/Fe-Ni-Fの二重膜からなる第1の誘電層、Co/Feからなる第1の反強磁性層、Co/Feの三重膜からなる第2の強磁性層、Al₂O₃からなる第3の誘電層、Co/Co-Feからなる第2の誘電性層、Al₂O₃からなる第2の反強磁性層、Co/Feからなる第3の強磁性層、Ni-Fe/Fe-Mnの二重膜からなる第2の反強磁性層、Ta保護層を順次積層した構造を有する。

[0076] 試料Bは、T_a基板上に所定の圧力で露光した後、第3のレジストパターンおよびその上のAl₁をリフローして、Al₁電極部を形成した。その後、磁場中熱処理炉に導入し、ビン層に一向向異方性を導入した。

05 [0080] 試料Bは以下のようにして作製した。基板をスパッタ装置に入れ、初期真空度を 1×10^{-7} Torr で露光した後、Arを導入して所定の圧力に設定した。基板上に、T_a 5 nm/I_{r2Mn₃} 2.0 nm/ Co_2Fe 3 nm/A₁O₃ 1.5 nm/ Co_2Fe 1 nm/Ni_tFe_{2-t} (t=1, 2または3 nm) /Co_{1-t}Fe_t 1 nm/A₁O₃ 1.8 nm/ Co_2Fe 3 nm/I_{r2Mn₃} 2.0 nm/T_a 5 nmを順次積層した。Al₁O₃は上記と同様な方法により形成した。

[0081] 上記積層を形成した後、フォトマスク上に上記露光部のT_a保護層上に1.00 μm幅の下部電極形状を規定する第1のレジストパターンを形成し、イオンミリング技術を用いて加工した。次に、第1のレジストパターンを除去した後、フォトマスク上に接合寸法を規定する技術により上部のT_a保護層上に接合寸法を規定する第2のレジストパターンを形成し、イオンミリング技術を用いて第1のAl₁O₃より上部のCo₂Fe/Ni₅F₂/Co₂Fe/A₁O₃/Co₂Fe/I_{r2Mn₃}/T_aを加工した。次いで、上記と同様にして、Al₁O₃

25 方向異方性の導入を行った。

26 [0082] また、比較のために、以下のような試料C
および試料Dを作製した。試料Cは強磁性一重トンネル
接合粒子であり、 $T_{\alpha} / I_{\alpha} - Mn / CoFe / Al_2O_3 / CoFe / Ni - Fe / Ta$ という構造構造を有
する。

27 [0083] 試料Dは反強磁性層を含まない強磁性二重
トンネル接合であり、 $T_{\alpha} / 5 nm / Co / P / 20 nm / Al_2O_3 / 1.5 nm / Co / Fe / 1 nm / Ni_3Fe / 3 nm / Co / Fe / 1 nm / Al_2O_3 / 1.8 nm / Co / P / 20 nm / Ta / 5 nm$ という構造構造
を有する。

28 [0084] 図17に試料AおよびBの逆気抵抗効果曲
線を示す。試料Aは250eVという小さな磁場でMR変
化率2.7%が得られている。試料Bではフリーア
ル(記録層)における $NiFe$ と $CoFe$ との膜厚比を変
えることで反転場を制御できることがわかる。すなわ
ち、 $NiFe$ の膜厚が1nm、2nm、3nmのと
き、それぞれ1.60eV、3.60eV、5.20eVという大き
な磁場で膜厚が大きく変化し、2.6%以上の大きなMR
変化率が得られている。

29 [0085] 図18に試料A、BおよびCについてMR
変化率の印加電圧のとの関係を示す。なお、この図ではMR
変化率が電圧0.1Vのときの値で規格化している。

30 [0086] 以上に試料A、BおよびCについてMR
変化率の印加電圧のとの関係を示す。なお、この図ではMR
変化率が電圧0.1Vのときの値で規格化している。

31 [0087] 以上に記載するが如きの技術を用いて、
1.7 nm / Co_{0.9}Fe_{0.1} / 3 nm / Al_{1.0}O₃ / 2 nm /
CoFe / 3 nm / Ni_{0.9}Fe_{0.1} / 5 nm / Fe_{0.9}Mn_{0.1}
/ 20 nm / Ta / 5 nmを順次積層した。なお、Al
O_{1.0}、純アルガスでAl1ターゲットを用いてAl1を
形成した後、真空を保つことなく酸素を導入しアライマ
ス装置により膜表面を成層した後、フタリソングラ
フィ接合により最上部のTaを保護層に1.0 nmの間
隔を設けることによって形成した。

32 [0088] 1.0 nm / Ta上に記録層形状を規定する第1のレジストバターンを形成
し、イオンミリング技術を用いて加工した。

33 [0089] 1.0 nm / Ta上に、第1のレジストバターンを除去した
後、フタリソングラフィ接合により最上部のTaを保護層
を形成し、イオンミリング技術を用いて第1のAl₂O₃より上
のCo_{0.9}Fe_{0.1} / 3 nm / Al_{1.0}O₃ / 2 nm / Taを加工した。第2のレジストバターンを
現したまま、電子ビーム蒸着により厚さ3.0 nmのA
l₂O₃を堆積した後、第2のレジストバターンおよびそ
の上のAl₂O₃を堆積した後、第2のレジストバターンを現
したまま、電子ビーム蒸着により厚さ3.0 nmのAl₂O₃を堆積した。

〔0079〕次いで、電極配線の形成領域以外の領域を覆う第3のレジストパターンを形成した後、表面を逆50 抵抗変化率の値が半分になる電圧 V_{in} が大きく、電圧

し、イオンミリング技術を用いて加工した。

[0 0 9 4] 次に、第1のレジストパターンを除去した後、アトミングラフィ技術により最上部の T a 保護膜上に倍寸寸法を規定する第2のレジストパターンを形成し、イオンミリング技術を用いて第1の A l ₂O₃より上部の C o F e / I r - M n / C o F e / A l ₂O₃ / C o F e / N i - F e / T a を加工した。第2のレジストパターンを現したまま、電子ビーム蒸着により厚さ 3 0 0 n m の A l ₂O₃を堆積した後、第2のレジストパターンおよびその上の A l ₂O₃をリフトオフし、接合部以外の部分に開創絶縁膜を形成した。

[0 0 9 5] 次いで、電極膜の形成領域以外の領域を覆うためのレジストパターンを形成した後、表面を洗浄した上でリチニンゲル。全面に A I を堆積した後、第3のレジストパターンおよびその上の A I をリフトオフして、A I 保護膜を形成した。その後、堆積中

[10 0 8 6] 次に、試料 A 、 B および D をシネノイドコイル中に置き、バルス磁界 7 0 0 e V 中で磁化回路部の磁気誘導率測定の被検試験を行った。図 1 9 に試料 A 、 B および D について、バルス磁場の反転回数と出力電圧との関係を示す。この図では、出力電圧を初期の出力電圧値で規格化している。この図から明らかのように、試料 D ではないバルス磁場の反転回数の増加に伴って出力電圧が著しく低下している。これに対して、試料 A および B は磁化回路部の磁気誘導率の疲労は見られない。

[10 0 8 7] 以上のように図 1 の構造を有する強磁性二層構造トランジンホル接合素子は、磁気ヘッドに適切に利用すれば特性を示すことがわかる。

[10 0 8 8] なお、熱電解質として S i O ₂ 、 A I N 、 M g M O 、 L a A l ₂O ₃ または C a F ₂ を用いた場合にはも上と同様の傾向が見られた。

[00891] 実験例 2
 $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2$ 共焼または $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{SiO}_2$ 基板上に図2に示すよ
 うな構造を有する2層の強磁性二重トンネル接合装置
 (試料A2および試料B2)を作製した例を説明する。

[00901] 試料A2は、Ta下地層、Ni-Fe/C
 $\text{Co}_0\text{Fe}/\text{C}$ の二層構造からなる第1の強磁性層、 Al_2O_3 から
 なる第1の誘電体層、CoFeからなる第2の強磁性
 層、Ir-Mnからなる第3の誘電体層、CoFeからなる
 第4の強磁性層、CoFe/Ni-Feの二層構造からなる第2の誘電体層、C
 Ta下地層を順次積層した構造を有する。

[00911] 試料B2は、Ta下地層、Ni-Fe/R
 $\text{Co}_0\text{Fe}/\text{C}$ の三層構造からなる第1の強磁性層、Al₂O₃から
 なる第1の誘電体層、CoFe/Ni-Feの二層構造を有する。

[00961] 試料B2は以下のようにして作製した。基
 板をスパッタ装置に入れ、初期真空度を $1 \times 10^{-6}\text{Torr}$
 に設定した後、Arを導入して所定の圧力に設定し
 た。基板上に、Ta $2\text{nm}/\text{Ni}_0\text{Fe}_{19}$ $6\text{nm}/$
 Ru $0.7\text{nm}/\text{Co}_0\text{Fe}_6$ $3\text{nm}/\text{Al}_2\text{O}_3$
 $1.5\text{nm}/\text{CoFe}$ $1\text{nm}/\text{Ni}_0\text{Fe}_{19}$ 1nm
 $/\text{Fe}_3\text{Mn}_{16}$ $20\text{nm}/\text{Ni}_0\text{Fe}_{19}$ $1\text{nm}/\text{C}$
 0Fe $1\text{nm}/\text{Al}_2\text{O}_3$ $1.7\text{nm}/\text{Co}_0\text{Fe}_6$
 $3\text{nm}/\text{Ru}$ $0.7\text{nm}/\text{Ni}_0\text{Fe}_{19}$ $6\text{nm}/\text{T}$
 a 5nm を順次積層した。Al₂O₃は上記と同様な方
 法により形成した。

[00971] 上記構造を成膜した後、フオトリソグラ
 フィ技術により最上部のTa保護層上に 100nm の

5 nm/CoFe 1 nm/Al₂O₃ 1. 2 nm/C

[01010] 試料B3は、Ta下地層、Ir-Mnからなる第1の反強磁性層、Co-Fe/Ru/Co-Feの三層膜からなる第1の強磁性層、Al_{1.0}O₃からなる第1の絶縁層、Co-Fe/Ni-Feの二層膜からなる第2の強磁性層、Ni-Fe/Co-Feの二層膜からなる第3の強磁性層、Al_{1.0}O₃からなる第2の絶縁層、Co-Fe/Ru/Co-Feの三層膜からなる第4の強磁性層、Ir-Mnからなる第3の反強磁性層、Ta保護層を順次構成する。

[01010] 試料A2およびB2の磁気抵抗効果曲線を示す。試料A2ではフリーリー層(磁気抵抗率)におけるNi_xFe_{1-x}とCo-Feとの膜厚比を変えることで反応堆層を制御できることがわかる。すなわち、Ni_xFe_{1-x}の膜厚が3 nm、5 nm、8 nmのとき、それぞ

[01010] 試料B3は、Ta下地層、Ir-Mnからなる第1の反強磁性層、Co-Fe/Ru/Co-Feの三層膜からなる第1の強磁性層、Al_{1.0}O₃からなる第1の絶縁層、Co-Fe/Ni-Feの二層膜からなる第2の強磁性層、Ni-Fe/Co-Feの二層膜からなる第3の強磁性層、Al_{1.0}O₃からなる第2の絶縁層、Co-Fe/Ru/Co-Feの三層膜からなる第4の強磁性層、Ir-Mnからなる第3の反強磁性層、Ta保護層を順次構成する。

[01012] 次に、試料A-2、B-2およびD-2をソレノイドコイル中に置き、バルス磁界7000G中で磁化固定基板の磁気誇導率変態の疲労試験を行った。図2-2に試料A-2、B-2およびD-2について、バルス磁場の反転回数と出力電圧との関係を示す。この図では、出力電圧を初期の出力電圧値で規格化している。この図から明らかなように、試料D-2ではバルス磁場の反転回数の増加に伴って出力電圧が著しく低下している。これに対し、試料A-2およびB-2では磁化回数の増加に伴う出力電圧の変化はほとんどない。

[01013] 一方で、A-2、B-2、D-2をソレノイドコイル中に置き、バルス磁界7000G中で磁化固定基板を用いてA-1を成廻した後、真空を破ることなく酸素を導入しアライマ吹き出しによって成廻した。

[01014] 10回の成廻操作を成廻した後、フォトリソグラフィ技術により最上部のT₁を保護層上に100μm幅の下部配線形状を規定する第1のレジストパターンを形成し、イオンミリング技術を用いて加工した。

[01015] 次に、第1のレジストパターンを除去した後、フォトリソグラフィ技術により最上部のT₁を保護層上に成廻する第2のレジストパターンを形成し、

られない。また、試料A2とB2との比較では、フリーエンに反磁性結合した $\text{Co}_3\text{Fe}_4/\text{Ru}/\text{Ni}_3\text{Fe}_{19}$ の三層構造を用いた試料B2の方が効率が少ない。

10.0.3 以上のようになに回2の調査を行なう強磁性二重トンネル結合系は、磁気绝缘子、磁気ヘッドに適用した場合に効率的な性能を示すことがわかる。

[0104] なお、説明書として $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO}/\text{LaAl}_1\text{O}_3$ または Ca_3Fe_2 を用いた場合にも上記と同様の傾向が見られた。

の反磁性質、Co-Fe-Niからなる第3の強磁性核、Al₂O₃からなる第2の誘導体層、Co-Feからなる第4の強磁性質、Ir-Mnからなる第3の反磁性質層、Ta保護層を順次積層した構造を有する。

試料B-3は、Ta下地層、Ir-Mnからなる第1の反応磁性層、Co-Fe/Ru/Co-Feの三層膜からなる第1の強磁性層、Al₂O₃からなる第2の強磁性層である。

【01001】例2.0に試料A2およびB2の保磁性抵抗率
曲線図を示す。試料A2ではフリーミー鋼(保磁性鋼)に
おける $Ni_{1.6}Fe_2$ と Co_2Fe の割合を変えることで
反応堆積物を制御できることがわかる。すなわち、 $Ni_{1.6}Fe_2$ の割合が
11.50e、2.60e、3.80eという小さな磁場で抵抗
が大きくなり、6.6%以上の大きなMR変化率が得
られる。

大きく、電圧降下に伴うMR変化率の減少が小さいことがわかる。
 [0102] 次に、試料A2、B2およびD2をソレノイドコイル中に置き、ハルス磁界7.00 e中で磁化回転層の磁気誘導率の磁効試験を行った。図22に試料A2、B2およびD2について、ハルス磁場の反転回転と2、B2およびD2について、ハルス磁場の反転回転と

山火対応との関係を示す。この図では、出力電圧を初期の出力電圧値で規格化している。この図から明らかなように、試料D2ではナッシュ磁場の反応回数の増加に伴って出力電圧が著しく低下している。これに対して、試料A2およびB2は磁化履歴部の磁気記録状態の疲労は見られない。また、試料A2とB2との比較では、フリ

例に反応磁性結合した $\text{Co}_0\text{Fe}_{1-x}\text{Ru}_{x}\text{Ni}_1\text{Fe}_{19}$ の三層構造を用いた試料 B-2 の方が磁効が少ない。	30 部の $\text{Co}_0\text{Fe}_{1-x}\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_{1-x}\text{Co}_0\text{Fe}_{1-x}\text{Ni}_1\text{Fe}_{19}$ $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Co}_0\text{Fe}_{1-x}\text{Mn}_{1-x}/\text{T}_{\text{A}}$ を加工した。
[0 1 0 3] 以上のように層 2 の構造を有する強磁性二重トンネル結合系では、磁気誘導磁子、磁気ヘッドに適用した場合に効率的な性能を示すことがわかる。	第 2 のレジストパターンを残したまま、電子ビーム蒸着により厚さ 3.50 nm の Al_2O_3 を堆積した後、第 2 のレジストパターンの上に Al_2O_3 をリフトオフし、接合部以外の部分に層間絕縁膜を形成した。
[0 1 0 4] なお、説明終了として $\text{Si}_0\text{O}_2/\text{Al}_1\text{N}$ 。	35 L、接合部以外の部分に層間絶縁膜を形成した。

MgO , $LaAlO_3$ または $CaAl_2F_7$ を用いた場合にも上記と同様の傾向が見られた。

[0.1.0.5] 実験例 3
 Si / SiO 基板または Si / Al_2O_3 基板上に図 3 に示すような構造を有する 2 層の強磁性二重トンネル接合 (試料 A 3 および試料 B 3) を製作した例を説明

る。Al₂O₃はアルミニウム酸化物の通称で、こじらかすと
なる第4の強説性質、I-r-Mnからなる第3の反応性
性質、Ta保護膜を形成保護した構造を有する。

性層、Alからなる金属層)を順次積層した構造を有する。

[0140] 図29に示されるように、試料A5およびB5のいずれか、接合面積に比較して第2の反強磁性膜の面積が大きい。

[0141] 試料A5は以下のようにして作製した。基板をスパッタ装置に入り、初期真空度を 1×10^{-3} T₀にて設定した後、Arを導入して所定の圧力に設定した。基板上に、Ta 5 nm/F_{es}Mn₁₆ 1.8 nm/Ni₁F₂ 5 nm/CoFe 2 nm/A1₂O₃ 1.7 nm/C₀F₂ 3 nm/A1₂O₃ 2 nm/CoFe 2 nm/Ta 5 nmを順次積層した。な

お、Al₂O₃は、純Arガス中でAlターゲットを用いてAlを成膜した後、真空を破ることなく接着層を導入し

アラスマ依頼に際して形成した。[0142] 上記積層膜を成膜した後、フォトリソグラ

フィ技術により基上部のTa層上に50 μm幅の下部配置形態を規定する第1のレジストパターンを形成し、イ

オンミリング技術を用いて加工した。

[0143] 次に、第1のレジストパターンを除去した後、最上部のTa層上に電子線レジストを塗布し、EB

露光装置を用いて第1のAl₂O₃より上部の各層の微細加工を行い、接合面積 $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ 、 $0.5 \times 0.5 \mu\text{m}^2$ 、 $0.15 \times 0.15 \mu\text{m}^2$ の強磁性トンネル接合を

作製した。電子線レジストパターンを現したまま、電子ビーム蒸着により厚さ3.0 nmのAl₂O₃を堆積した後、電子線レジストパターンおよびその上にAl₂O₃をリフトオフし、接合部以外の部分に露出部を形成し

た。

[0144] 次いで、電極配線の形成領域以外の領域を現した後、表面を逆バッタしてクリーニングし、さらにTa層を除去した。

その後、ピットラインの電極配線としてCo_{0.1}T_{0.9}Mn_{1.8} nm/A1₂O₃ 5 nmを順次積層した。第3のレジストパターンおよびその上の電極配線をリフトオフした。その後、磁場中熱処理炉に導入し、ビン層に一方

向異方性を導入した。

[0145] また、比較のために、以下のようないくつか試料C5、試料D5および試料E5を作製した。試料C5は強磁性-IIIトネル接合素子であり、Ta 5 nm/Ir₂Mn₁₆ 1.8 nm/CoFe 3 nm/A1₂O₃ 1.5 nm/CoFe 1 nm/Ni₁F₂ 3 nm/Co

Fe 1 nm/Ta 5 nmという構造を有する。

[0146] 試料D5は、試料B5と同様の構造を有する。すなわちTa 5 nm/Ir₂Mn₁₆ 1.8 nm/CoFe 3 nm/A1₂O₃ 1.5 nm/CoFe 1 nm/Ni₁F₂ 3 nm/Co

Fe 1 nm/Ta 5 nmという構造を有する。しかし、図29の構造とは異なり、上部のIr₂Mn₁₆からなる第2の反強磁性膜(およびTa保護層)の面積も接合面積と同一の面積を有する。また、ピットラインはAl₂O₃ 1.5 nm/CoFe 1 nm/Ir₂Mn₁₆ 1.8 nm/Ta層を現す。

[0147] 次に、第1のレジストパターンを現した後、表面を逆バッタしてクリーニングし、さらにTa層を除去した。その後、ピットラインの電極配線としてNi₁F₂ 5 nm/Fe₁₆Mn₁ 1.8 nm/A1₂O₃ 1.5 nm/CoFe 1 nm/A1₂O₃ 1.5 nm/CoFe 1 nm/CoFe 1 nm/Ta 5 nmを順次積層した。[0148] 試料E5は以下のようにして作製した。基板をスパッタ装置に入り、初期真空度を 1×10^{-3} T₀にて設定した後、Arを導入して所定の圧力に設定し

た。基板上に、Ta 5 nm/Ir₂Mn₁₆ 1.8 nm/CoFe 3 nm/A1₂O₃ 1.5 nm/CoFe 1 nm/Ni₁F₂ 3 nm/Co

Fe 1 nm/Ta 5 nmを順次積層した後、フォトリソグラ

フィ技術により基上部のTa層上に50 μm幅の下部配置形態を規定する第1のレジストパターンを形成し、イ

オンミリング技術を用いて加工した。

[0149] 次に、第1のレジストパターンを除去した後、最上部のTa層上に電子線レジストを塗布し、EB

露光装置を用いて第1のAl₂O₃より上部の各層の微細加工を行い、接合面積 $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ 、 $0.5 \times 0.5 \mu\text{m}^2$ 、 $0.15 \times 0.15 \mu\text{m}^2$ の強磁性トンネル接合を

作製した。電子線レジストパターンを現したまま、電子ビーム蒸着により厚さ3.0 nmのAl₂O₃を堆積した後、電子線レジストパターンおよびその上にAl₂O₃をリフトオフし、接合部以外の部分に露出部を形成し

た。

[0150] 次に、第1のレジストパターンを除去した後、最上部のTa層上に電子線レジストを塗布し、EB

露光装置を用いて第1のAl₂O₃より上部の各層の微細加工を行い、接合面積 $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ 、 $0.5 \times 0.5 \mu\text{m}^2$ 、 $0.15 \times 0.15 \mu\text{m}^2$ の強磁性トンネル接合を

作製した。電子線レジストパターンを現したまま、電子ビーム蒸着により厚さ3.0 nmのAl₂O₃を堆積した後、電子線レジストパターンおよびその上にAl₂O₃をリフトオフし、接合部以外の部分に露出部を形成し

た。

[0151] 次いで、電極配線の形成領域以外の領域を現した後、表面を逆バッタしてクリーニングし、さらにTa層を除去した。

その後、ピットラインの電極配線としてCo_{0.1}T_{0.9}Mn_{1.8} nm/A1₂O₃ 5 nmを順次積層した。[0152] 上記積層膜を成膜した後、フォトリソグラ

フィ技術により基上部のTa層上に50 μm幅の下部配置形態を規定する第1のレジストパターンを形成し、イ

オンミリング技術を用いて加工した。

[0153] 次に、第1のレジストパターンを除去した後、最上部のTa層上に電子線レジストを塗布し、EB

露光装置を用いて第1のAl₂O₃より上部の各層の微細加工を行い、接合面積 $1 \times 1 \mu\text{m}^2$ 、 $0.5 \times 0.5 \mu\text{m}^2$ 、 $0.15 \times 0.15 \mu\text{m}^2$ の強磁性トンネル接合を

作製した。電子線レジストパターンを現したまま、電子ビーム蒸着により厚さ3.0 nmのAl₂O₃を堆積した後、電子線レジストパターンおよびその上にAl₂O₃をリフトオフし、接合部以外の部分に露出部を形成し

た。

[0154] 次に、試料A5、B5、D5およびE5をソレノイドコイル上に置き、パルス磁界7.0 Oeで磁化循環の磁気抵抗率の疲労試験を行った。図3-2に試料A5、B5、D5およびE5について、パルス磁場の磁化循環を示す。なお、下地層および保証層としては、電子線レジストパターンを現したまま、電子ビーム蒸着により厚さ3.0 nmのAl₂O₃を堆積した後、電子線レジストパターンおよびその上にAl₂O₃をリフトオフし、接合部以外の部分に露出部を形成し

[0155] 実施例6

実施例1～4と同様な方法により、Si₁SiO₂基板またはSi₁SiO₂基板上に、図1～図4に示す基本構造を有する強磁性二重トンネル合金素子を作製した。これらの素子の磁気抵抗率を表1に示す。

試料D5は、接合面積が小さいほど、疲労が激しくなる。この回では、出力圧を初期の出力圧で規格化している。この回から明らかなように、試料E5ではパルス磁場の反転回数の増加に伴って出力圧が著しく低下している。また、試料D5は、接合面積が小さいほど、疲労が激しくなる。

試料E5は、接合面積が小さいほど加工ダメージ等で上部磁気抵抗層が劣化したためであると考えられる。これに対して、試料A5およびB5は磁化循環の磁気抵抗率の疲労が見られない。

このことから、試料A5およびB5は磁気抵抗効果二重トンネル合金素子に比べて大きい。

[0156] したがって、これらの素子は磁気抵抗効果型ヘッド、センサ、磁気記録素子として用いた場合に有効であることがわかる。

[0157] なお、説明例としてSi₁SiO₂Al₂O₃、MgO、LaAlO₃またはCaF₂を用いた場合にも上記と同様の効果が見られた。

Sample	V _{initial} (V ₀)	V _{initial} (V ₀)/V ₁₀₀₀₀
Ir ₂ Mn ₁₆ /CoFe/SiO ₂ /CoFe/Ta/SiO ₂ /MgO	0.11	0.98
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/MgO	0.11	0.94
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/MgO	0.11	0.97
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/LaAlO ₃	0.19	0.99
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂	0.19	0.98
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /MgO	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /LaAlO ₃	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /MgO	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /LaAlO ₃	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /MgO	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /LaAlO ₃	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /MgO	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /LaAlO ₃	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /MgO	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /LaAlO ₃	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /MgO	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /LaAlO ₃	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /MgO	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /CaF ₂ /LaAlO ₃	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /MgO	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /LaAlO ₃	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /MgO	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /LaAlO ₃	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /MgO	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /LaAlO ₃	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /MgO	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /LaAlO ₃	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /MgO	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /LaAlO ₃	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /MgO	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (2 nm)/CaF ₂ /CaF ₂ /LaAlO ₃	0.19	0.96
Ir ₂ Mn ₁₆ (1.8 nm)/CoFe/SiO ₂ (2 nm)/CoFe/Ta/SiO ₂ (

うな開削を行し、フリー層の厚さが異なる3種の強磁性二重トンネル接合部（試料T1、T2およびT3）を作製した例を説明する。

[0163] 試料T1は、Ta下地層、Fe-Mn/Ni-Feの二層構造からなる第1の反応磁性層、Co/Feからなる第1の強磁性層、Al₂O₃からなる第1の誘電層、Co/Feからなる第2の強磁性層、Al₂O₃からなる第2の誘電層、Co/Feからなる第3の強磁性層、Ni-Fe/Fe-Mnの二層構造からなる第2の反応磁性層、Ta保護層を順次積層した構造を行し、フリーレイフの膜厚を1.7 nmとした以外は、試料T1と同様にして作製した。

[0164] 試料T1は、以下のようにして作製した。基板をスパッタ装置に入り、初期真空度を1×10⁻⁷Torrに設定した後、Arを導入して所定の圧力に設定した。SiO₂保護層上に、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した後、真空を破ることなく保護層を導入し、アーバース放電によって作成した。

[0165] 上記積層を成層した後、フォトリソグラフィ技術により最上部のTa保護層上に1.0 μm幅の下部配線部を規定するレジストパターンを形成し、イオンミリング技術を用いて加工した。

[0166] 次に、レジストパターンを除去した後、フォトリソグラフィ技術または電子線リソグラフィ技術およびRIEにより最上部のTa保護層上に接合部を規定するT1ヒドロマスクを形成し、イオンミリング技術を用いて第1のAl₂O₃および1部のCo/Fe/Al₂O₃/Ni-Fe/Fe-Mn/Taを加工した。この工程により接合部を膜々に加工化させた。接合部が1 μm以下の膜子を形成する場合には電子線リソグラフィ技術を用いた。接合部上にレジストパターンを形成し、スパッタ法またはラズマCVD法により厚さ3.0 nmのSiO₂を堆積した後、レジストオフし、接合部以外の部分に厚膜接合部を形成した。

[0167] 次いで、電極配線の形成領域以外の領域を覆うレジストパターンを形成した後、界面を逆スパッタしてクリーニングした。全面にA1を堆積した後、レジストパターンおよびその上のA1をリフトオフして、A1溶剤を形成した。その後、磁场中熱処理炉に導入し、ビン層に一方向異方性を導入した。

[0168] 試料T2はフリーレイフであるCo/Feからなる第2の強磁性層の膜厚を7 nmとした以外は、試料T1と同様にして作製した。

[0169] 試料T3はフリーレイフであるCo/Feからなる第2の強磁性層の膜厚を1.5 nmとした以外は、試料T1と同様にして作製した。

なる第2の強磁性層の膜厚を1.7 nmとした以外は、試料T1と同様にして作製した。

[0170] 図3-3に、試料T1、T2およびT3について、膜子の接合部とフリーレイフの反転磁場との関係を示す。この図では横軸を接合部Wの選数（1/W）としている。図3-3に示されるように、いずれの試料でも接合部を縮小するに従って反転磁場が増大している。このことは、MRAM応用においては接合部を縮小するに従って書き込み時の消費電力が増大することを意味する。しかし、フリーレイフの膜厚が薄い試料T1では直線の傾きが小さく、接合部の膜厚が比較的厚い試料T2およびT3では直線の傾きが比較的厚い。一方、フリーレイフの膜厚が比較的厚い試料T2およびT3では、接合部の縮小による反転磁場の増大が顕著であり、MRAM応用において書き込み時の消費電力が小さく増大するおそれがある。そこで、現状の加熱技術で得られる接合部膜厚0.25 μm（1/W=4）の膜子に着目して反転磁場を比較する。試料T1では反転磁場が1.000 eVより小さく、今後のさらなる微細化に対応できる。一方、試料T2およびT3では反転磁場が1.000 eVを超えており、MRAM応用において書き込み時の消費電力がすでに高く、さらなる微細化に対応することは困難である。

[0171] 図3-4に試料T1、T2およびT3についてMR変化率の印加電圧依存性を示す。なお、この図ではMR変化率を印加電圧0 Vのときの値で規格化して示している。フリーレイフの膜厚が薄い試料T1ではMR変化率の半分になるハイアス電圧V_{ha}が0.9 Vを越えており、ハイアス依存性が抑制されている。一方、フリーレイフの膜厚が比較的厚い試料T2およびT3は、強磁性一重トンネル接合部子に比べればハイアス電圧V_{ha}が、V_{ha}=0.8 V未満であり、試料T1に比べて明らかに劣っている。

[0172] 図3-3および図3-4から、フリー層の厚さが薄いほど、接合部の微細化に伴う反転磁場の増大が抑えられ、かつハイアス依存性も改善されることがわかる。フリー層の厚さが5 nm以下であれば、0.25 μmの膜子の膜層で反転磁場が1.000 eV以下に抑えられ、かつMR変化率のハイアス依存性も改善される。しかし、フリー層の厚さが1 nm未満になると、フリー層が選択率に影響を及ぼす膜子が分散した、いわゆるグラニュラ構造となるおそれがある。この結果、接合部の膜子が田舎になり、膜子の大きさによっては歪温で超常磁性となりMR変化率が極端に低下するという問題も生じる。したがって、フリー層の厚さは1~5 nmであることが望ましい。

[0173] 実験例8

Si/SiO₂基板上に図1-4のような構造を有するMRAMを作成した例を示す。Si基板1.5 μm上にアラズマCVD法によりSiO₂を成層した。マシンプロセスを用いてワードライン1.5 μmを形成した。すなはち、レジストパターンおよびその上のA1をリフトオフして、A1溶剤を形成した。その後、磁场中熱処理炉に導入し、ビン層に一方向異方性を導入した。

[0174] 試料T2はフリーレイフであるCo/Feからなる第2の強磁性層の膜厚を7 nmとした以外は、試料T1と同様にして作製した。

[0175] 実験例9

Si/SiO₂基板上に図1-4のような構造を有するMRAMを作成した例を示す。Si基板1.5 μm上にアラズマCVD法によりSiO₂を成層した。マシンプロセスを用いてワードライン1.5 μmを形成した。すなはち、レジストパターンを導入し、アーバース放電によって保護層を形成した。

[0176] 実験例10

Si/SiO₂基板上に図1-4のような構造を有するMRAMを作成した例を示す。Si基板1.5 μm上にアラズマCVD法によりSiO₂を成層した。マシンプロセスを用いてワードライン1.5 μmを形成した。すなはち、レジストパターンを導入し、アーバース放電によって保護層を形成した。

ジストを塗布しフォトリソグラフィーによりレジストバーチャンを形成し、RIEによりSiO₂に槽を加工し、メカニズムを用いて槽内にCuを埋め込んだ後、CMPにより平坦化を行い、ワードライン1.5 μmを形成した。その後、ラズマCVDにより、ワードライン1.5 μmを形成した。

[0177] 本実験例における試料T1は、Ta下地層、Fe-Mn/Ni-Feの二層構造からなる第1の反応磁性層、Co/Feからなる第2の強磁性層、Al₂O₃からなる第1の誘電層、Co/Feからなる第2の誘電層、Co/Feからなる第3の強磁性層、Ni-Fe/Fe-Mnの二層構造からなる第2の反応磁性層、Ta保護層を順次積層した構造を行し、フリーレイフの膜厚を1.7 nmとした。

[0178] 本実験例における試料T2は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した後、真空を破ることなく保護層を導入し、アーバース放電によって作成した。

[0179] 本実験例における試料T3は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した後、真空を破ることなく保護層を導入し、アーバース放電によって作成した。

[0180] 本実験例における試料T4は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した後、真空を破ることなく保護層を導入し、アーバース放電によって作成した。

[0181] 本実験例における試料T5は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した後、真空を破ることなく保護層を導入し、アーバース放電によって作成した。

[0182] 本実験例における試料T6は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した後、真空を破ることなく保護層を導入し、アーバース放電によって作成した。

シストを塗布しフォトリソグラフィーによりレジストバーチャンを形成し、RIEによりSiO₂に槽を加工し、メカニズムを用いて槽内にCuを埋め込んだ後、CMPにより平坦化を行い、ワードライン1.5 μmを形成した。

[0183] 本実験例における試料T7は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した。

[0184] 本実験例における試料T8は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した。

[0185] 本実験例における試料T9は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した。

[0186] 本実験例における試料T10は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した。

[0187] 本実験例における試料T11は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した。

[0188] 本実験例における試料T12は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した。

シストを塗布しフォトリソグラフィーによりレジストバーチャンを形成し、RIEによりSiO₂に槽を加工し、メカニズムを用いて槽内にCuを埋め込んだ後、CMPにより平坦化を行い、ワードライン1.5 μmを形成した。

[0189] 本実験例における試料T13は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した。

[0190] 本実験例における試料T14は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した。

[0191] 本実験例における試料T15は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した。

[0192] 本実験例における試料T16は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した。

[0193] 本実験例における試料T17は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した。

[0194] 本実験例における試料T18は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した。

シストを塗布しフォトリソグラフィーによりレジストバーチャンを形成した。

[0195] 本実験例における試料T19は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した。

[0196] 本実験例における試料T20は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した。

[0197] 本実験例における試料T21は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した。

[0198] 本実験例における試料T22は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した。

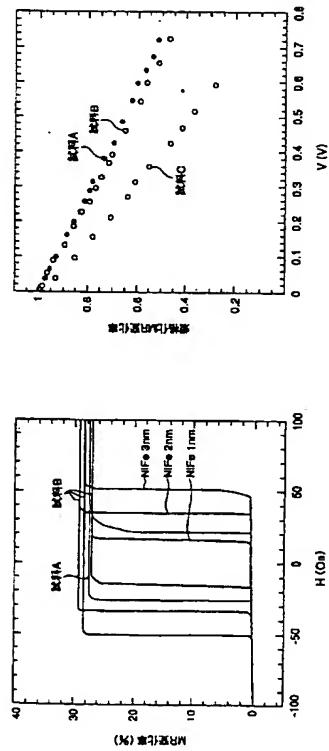
[0199] 本実験例における試料T23は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した。

[0200] 本実験例における試料T24は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O₂は、純Arガス中でA1ターダーフィトを用いてA1を成長した。

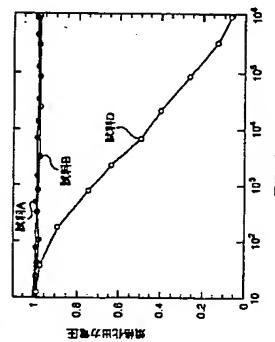
シストを塗布しフォトリソグラフィーによりレジストバーチャンを形成した。

[0201] 本実験例における試料T25は、Ta下地層/Co/Fe（5 nm）/Ni_{0.7}Fe_{0.3}（5 nm）/Al₂O₃（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（1 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ru（0.9 nm）/Co_{0.9}Fe_{0.1}（2 nm）/Ir₂Mn₃（1.2 nm）/Ni_{0.9}Fe_{0.1}（5 nm）/Au保護層を積層した。A1/O_{2</}

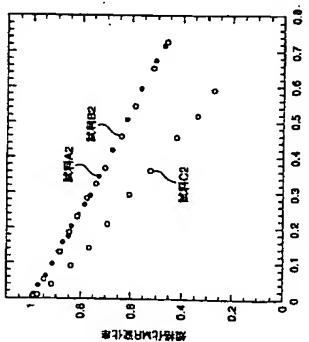
[図17]



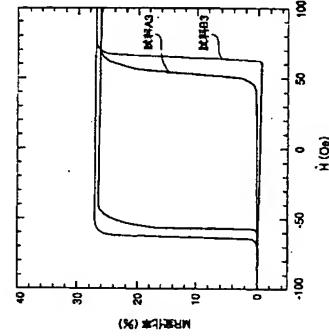
[図19]



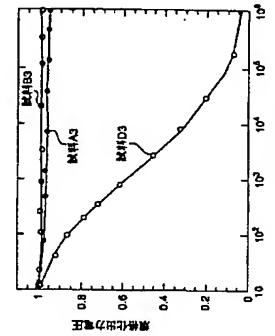
[図21]



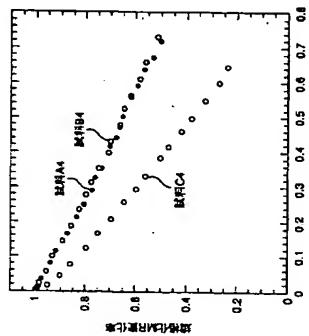
[図23]



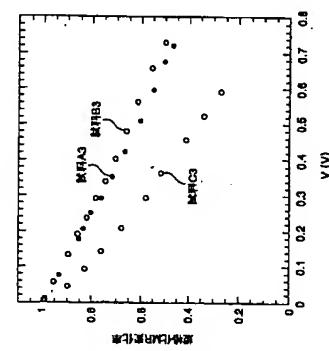
[図25]



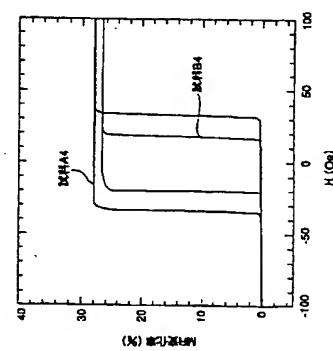
[図27]



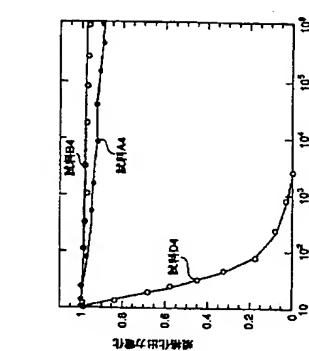
[図24]



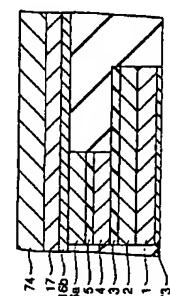
[図26]



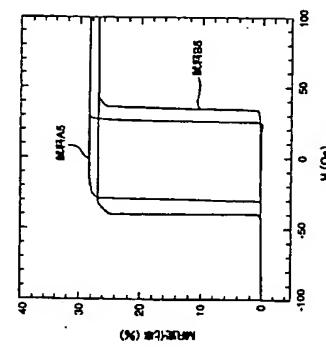
[図28]



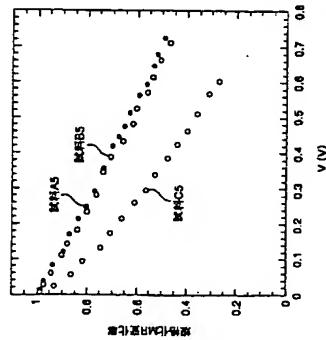
[図2.9]



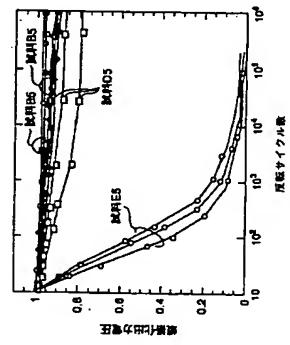
[図3.0]



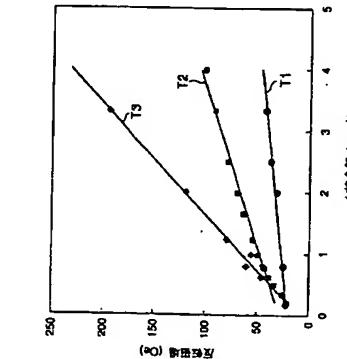
[図3.1]



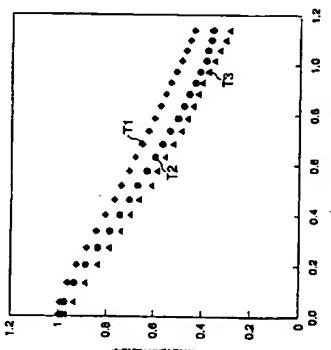
[図3.2]



[図3.3]



[図3.4]

(51) Int. Cl. 7
H 01 L 43/12F 1
G 01 R 33/06
R
「*テクノ・ト*」(参考)

(52)発明者
猪俣 信一郎
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内
(72)発明者
岸 進也
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内
10

(72)発明者
砂井 正之
神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株
式会社東芝研究開発センター内